

# 2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴

呉 修一<sup>1</sup>・森口 周二<sup>2</sup>・堀合 孝博<sup>3</sup>・小森 大輔<sup>4</sup>・風間 聡<sup>5</sup>・田中 仁<sup>5</sup>

## Characteristics of heavy rainfall and flood inundation at Shibui River in Miyagi Prefecture in September 2015

Shuichi KURE<sup>1</sup>, Shuji MORIGUCHI<sup>2</sup>, Takahiro HORIAI<sup>3</sup>,  
Daisuke KOMORI<sup>4</sup>, So KAZAMA<sup>5</sup> and Hitoshi TANAKA<sup>5</sup>

### Abstract

A heavy rainfall caused by Typhoon No. 17 and No. 18 resulted in flooding and landslides in Miyagi Prefecture of Tohoku Region, Japan on September 11, 2015. In particular, severe flood inundation damages were caused by the Shibui River, one of the tributaries of the Tada River that joins the Naruse River flowing through Osaki City. In this paper, characteristics of the heavy rainfall and flood disaster at the Shibui River was focused and described based on the on-site field survey conducted by the authors, and a rainfall runoff model was applied to the Shibui River basin in order to reproduce the flood situation and evaluate the flood mechanism in the river. From the on-site survey results, it was found that the embankment breach in the Shibui River was caused by the infiltration of high river water into the embankment body. Also, our numerical simulation results show that the high water level in the Shibui River was caused by the backwater effects from the Tada and Naruse River.

キーワード：豪雨，洪水災害，渋井川

Key words: heavy rainfall, flood disaster, Shibui River

<sup>1</sup> 富山県立大学環境工学科  
Department of Environmental Engineering, Toyama  
Prefectural University

<sup>2</sup> 東北大学災害科学国際研究所  
International Research Institute of Disaster Science,  
Tohoku University

<sup>3</sup> パシフィックコンサルタンツ株式会社  
Pacific Consultants Co., Ltd.

<sup>4</sup> 東北大学大学院環境科学研究科  
Graduate School of Environmental Studies, Tohoku  
University

<sup>5</sup> 東北大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Tohoku University

本報告に対する討論は平成 29 年 2 月末日まで受け付ける。

## 1. はじめに

近年日本での豪雨災害が頻発している。2013年は7月の山形豪雨<sup>1)</sup>に始まり7月山口・島根豪雨<sup>2)</sup>、8月秋田・岩手豪雨<sup>3)</sup>、9月京都・滋賀豪雨<sup>4)</sup>や10月伊豆大島豪雨<sup>5)</sup>など、豪雨災害が頻発した。2014年も7月山形豪雨<sup>6)</sup>、8月広島豪雨土砂災害<sup>7)</sup>など、非常に多くの豪雨災害が発生している。2015年には9月関東・東北豪雨により鬼怒川の堤防決壊が生じ、家屋流失等<sup>8)</sup>の甚大な被害が生じた。このような豪雨災害は地球温暖化等の影響で今後も頻発することが懸念されている。

2015年9月関東・東北豪雨では、関東のみならず東北地方でも多くの豪雨被害が発生した。代表的な事例として、9月10日から11日にかけて台風17、18号の影響に伴う豪雨により鳴瀬川水系多田川の支川である渋井川で堤防決壊に伴う洪水氾濫が生じ、宮城県大崎市では住宅の床上・床下浸水や農地の冠水などの被害が生じた事例が挙げられる。本報告では、著者らが9月12日、13日およびその後数回にわたり渋井川を対象として実施した水害調査結果を報告する。また、降雨流出モデルを渋井川流域に適用することで、本洪水の再現計算を行い洪水発生メカニズムの評価を行う。

## 2. 宮城県の被害概要

2015年9月の豪雨による宮城県全域の被害は、死者2名、負傷・軽傷者3名、全壊1棟、半壊390棟、一部損壊143棟、床上浸水280棟、床下浸水905棟である(2015年10月9日現在<sup>9)</sup>)。公共土木施設の被害額は、18,905,288千円、農林水産関係の被害額は、10,799,488千円となっている<sup>9)</sup>。全体的に鳴瀬川本川での深刻な被害は少なく、支川に多くの被害が集中している。洪水被害のみならず豪雨に伴い多数の土砂災害が発生しており、仙台市太白区羽黒台の土砂災害事例などが報告されている<sup>10)</sup>。

東北地方では宮城県以外にも、福島県で全壊2棟、一部破損6棟、床上浸水43棟、床下浸水163棟の被害が生じ、山形県で重傷者1名、床上浸水13棟、床下浸水17棟の被害が生じた(2015年9月24日現在<sup>11)</sup>)。その他にも岩手県、秋田県でも浸

水被害が生じている。

## 3. 渋井川の概要

Fig. 1に渋井川、多田川および他の鳴瀬川水系河川および雨量・水位観測所の位置を示す。ここで示す雨量・水位観測所は本報告で実際にデータが明示される箇所のみを示している点に注意されたい。図に示されるよう、渋井川は多田川の支川であり、多田川は鳴瀬川へと流入する。多田川は流路延長約35 km、流域面積約126 km<sup>2</sup>の1級河川であり鳴子町、岩出山町、宮崎町、中神田町、古川市、三本木町の6市町にまたがっている<sup>12)</sup>。渋井川は流路延長約7.88 km、流域面積約18.6 km<sup>2</sup>の県管理河川であり、下流部は水田地帯として有名な大崎平野であり排水不良の低平地のため内水排除目的の排水機場整備が行われている<sup>12)</sup>。このように多田川、渋井川は従来から周辺の広大な農地の排水の受皿および灌漑用水の供給源として機能してきた。Fig. 2にFig. 1の拡大図として、渋井川、多田川、渋川、名蓋川、鳴瀬川の位置関係、流域界、河川網および土地利用を示す。Fig. 2に示されるように、渋井川の河川沿いには農地(Fig. 2の土地分類中の田およびその他の農用地)が多く存在している。

渋井川周辺では明治以降洪水災害が数多く発生している<sup>12,13)</sup>。明治時代は、1884、1889、1909年に大水害が、大正時代は1912、1913年に大水害が発生した<sup>13)</sup>。このような水害を経て1909年に渋井川に「水害予防組合」が設立、1938年に解散している。解散の際に後述する洪水記念碑(Fig. 20)が建立されている。昭和初期は、1941、1944年に大水害があり、1947年のカスリーン台風では古川町で全戸数の約60%が浸水し、1948年のアイオン台風では江合川や多田川で堤防決壊が生じ古川町全町が冠水するなど甚大な被害が発生した<sup>12,13)</sup>。最近では、1986年8月の洪水(通称8.5豪雨)で冠水面積362 ha、浸水家屋609戸の被害が、1991年10月の洪水では冠水面積50 ha、浸水家屋10戸の被害が生じている<sup>12)</sup>。水害対策として1953年から多田川河川改修が進められ<sup>12)</sup>、1957年には江合川に鳴子ダムが完成している。その後も1992年に更

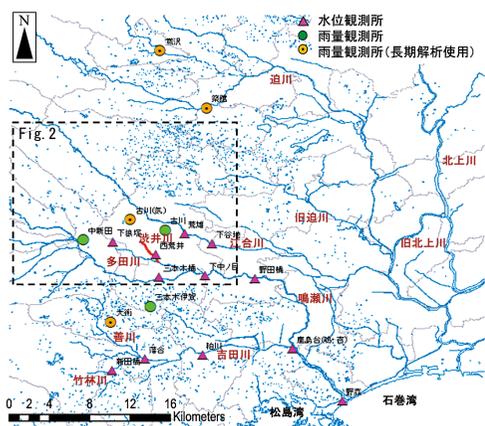


Fig. 1 鳴瀬川水系河川および水位・雨量観測所の位置

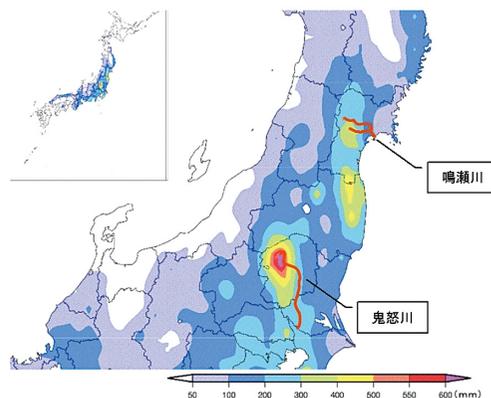


Fig. 3 2015年9月7日から11日にかけての累積雨量(気象庁<sup>15)</sup>の資料に一部加筆)



Fig. 2 渋井川, 多田川, 渋川, 名蓋川の流域界, 河川網および土地利用

なる多田川河川改修事業等が進められてきた。このように渋井川周辺は従来から洪水被害が多発し、水害リスクの高い地域であったといえる。

#### 4. 雨量・水位の状況

9月10日から11日にかけて、台風17号周辺から湿った空気が東北地方太平洋側に流入し、複数の線状降水帯が宮城県周辺に大雨をもたらした<sup>14)</sup>。Fig. 3に9月7日から11日にかけての累積雨量分布<sup>15)</sup>を示す。利根川水系鬼怒川周辺のみならず福島県から宮城県にかけても線状降水帯が形成されていたことがわかる。鳴瀬川水系では200から400 mm程度の累積雨量となっている。

本出水イベントの雨量と過去の雨量を比較する

ため、古川、築館、鶯沢、大衡地点で観測された雨量のDepth-Duration解析図をFig. 4に示す。本出水と既往最大72時間イベントおよび既往第2位の降雨イベントを比較している。過去の第1位・2位の72時間降雨イベントとして、1986年8月の台風10号に伴う豪雨(通称8.5豪雨)、2011年9月の台風15号に伴う豪雨が観測されている。2013年7月のイベントは山形に豪雨災害<sup>6)</sup>をもたらしたものである。本データは気象庁で計測された1976年4月からの1時間雨量データに基づいているが、鶯沢のみは雨量観測開始が2002年であり他の地点と比較して過去の雨量データが少ない点に注意されたい。Fig. 4より本出水イベントの特徴として1~6時間程度の短時間に強降雨が観測されていることがわかる。これは線状降水帯が東北地方では4時間程度継続した<sup>14)</sup>ためであり、これにより古川、鶯沢、大衡では観測史上最大の3時間雨量を記録している。このような降雨は中小河川水位の急激な上昇をもたらす可能性が高く、避難勧告等の発令が難しい状況と考えられる。

9月10日から11日の多田川(下狼塚)、鳴瀬川(三本木、下中ノ目)における10分間雨量・水位の時系列をFig. 5に示す。10日の23:00程度から11日の4:00程度まで強い雨が観測され、鳴瀬川三本木地点では11日の2:00に避難判断水位を超過し2:20に氾濫危険水位を超過している。水位のピーク時刻は、多田川下狼塚地点で11日3:00、鳴瀬

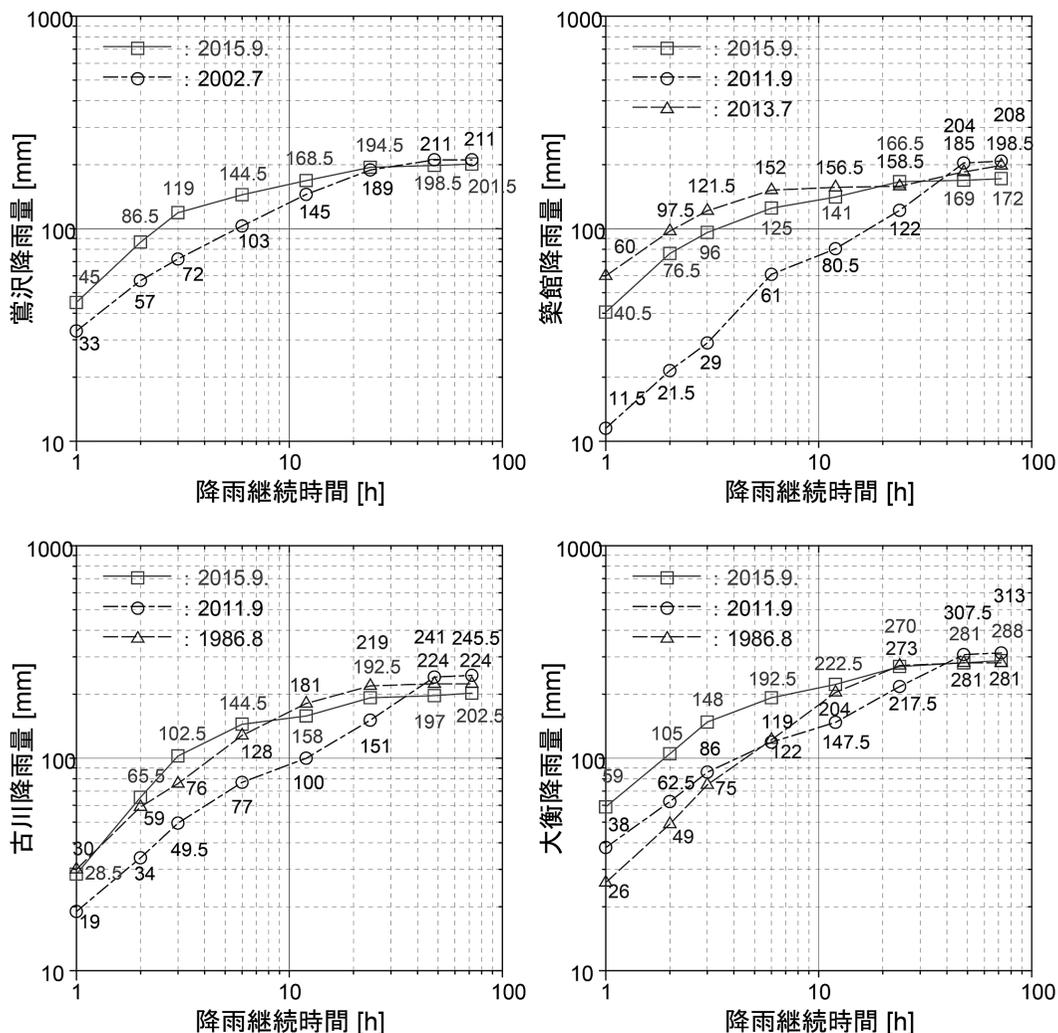


Fig. 4 古川，築館，大衡，鷺沢における雨量の Depth-Duration 解析結果

川三本木地点で11日3:40，鳴瀬川下中ノ目地点で11日5:10となっている。渋井川での住民からの聞き込み調査から，洪水氾濫は11日午前3:00から4:00頃に発生し，家屋への浸水開始は4:00程度だったという証言を複数得ている。多田川下狼塚地点で3:00以降水位の低下が見られるが，渋井川合流部の上流に位置し距離があるため，堤防決壊との関係を議論することは難しい。

大崎市は，指定河川洪水予報地点である鳴瀬川三本木地点の水位が11日2:00に避難判断水位を超過したことから2:30に避難準備情報（三本木

地域）を発令し，3:15に避難勧告（三本木地域）を発令している。洪水氾濫が生じた古川地域には11日4:30に避難準備情報（古川全地域）を発令しているが，古川市西新井地区の浸水を確認して以降は，避難所へ向かうことが非常に危険であるとの判断から避難勧告および避難指示を発令していない。その後，8:15に大崎市の要請を受けた宮城県が自衛隊の災害派遣要請を行っている。

また，鳴瀬川本川（野田橋，鹿島台（鳴瀬），野蒜地点），鳴瀬川水系吉田川（新田橋，落合，粕川，鹿島台（吉田）地点），江合川（荒雄，下谷地地点）

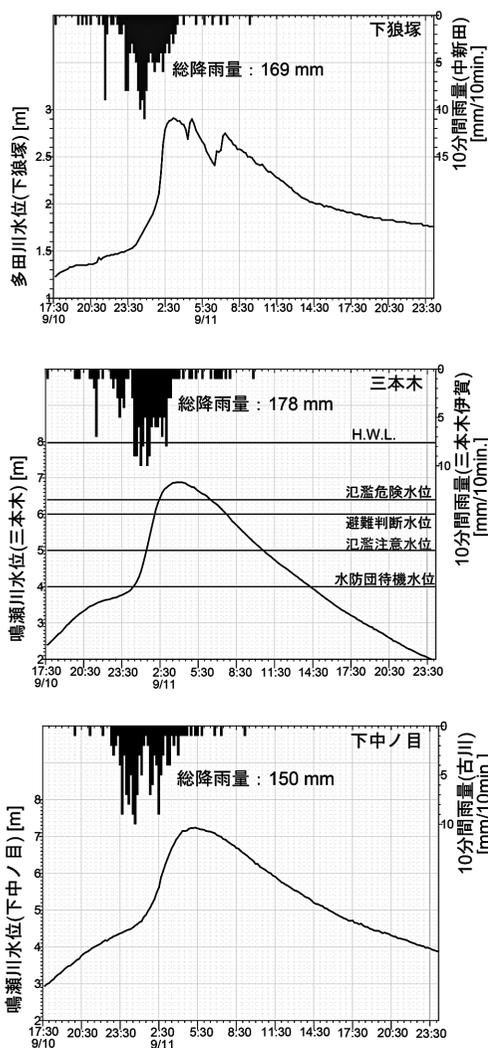


Fig. 5 多田川下狼塚地点(上), 鳴瀬川三本木地点(中), 鳴瀬川下中ノ目地点(下)における10分間雨量・水位の時系列

の1時間水位を Fig. 6に示す。観測所の位置は Fig. 1を参照されたい。鳴瀬川では、上流から三本木地点 (Fig. 4), 野田橋地点で氾濫危険水位を超過し、鹿島台 (鳴瀬) で避難判断水位を超過している。下流の野蒜地点では、水位が潮位の影響を受けているが氾濫注意水位を超過している。吉田川では、上流から新田橋, 落合, 粕川, 鹿島台 (吉田) 地点の全てで氾濫危険水位を超過しており、吉田川の水位超過が他の鳴瀬川や江合川より

大きいことがわかる。江合川では、上流から荒雄地点で氾濫注意水位を、下谷地点で氾濫危険水位を超過している。このように多くの水位観測地点で避難判断水位および氾濫危険水位を超過していたことがわかる。

### 5. 渋井川の堤防決壊状況

本洪水災害では鳴瀬川本川で大きな被害は生じていないが、渋井川の3箇所で堤防決壊が生じ、大きな洪水氾濫被害が生じた。渋井川の決壊に伴い約2,100 haの浸水が生じ床上浸水399棟、床下浸水150棟の被害が生じ、176人がヘリコプターやボートで救助された<sup>16)</sup>。また、渋井川以外にも鳴瀬川水系では渋川, 名蓋川で堤防決壊が生じている<sup>9)</sup>。本章では、著者らの現地調査より明らかとなった2015年9月の豪雨イベントでの渋井川堤防決壊状況を記述する。

Fig. 7に堤防決壊地点 (上流から A, B, C 地点) および渋井川, 多田川の位置を示す。現地調査より、各位置での決壊幅は、約17 m, 約15 m, 約40 mであった。決壊箇所は、宮城県の要請を受けた国土交通省北上川下流河川事務所により、12日には堤防の応急復旧が開始され、14日には決壊箇所の応急復旧が完成している。

Fig. 8に渋井川および多田川の河川堤防天端高および最深河床標高を示す。後述する計算水位も図に含まれているが計算水位の詳細は6章を参照されたい。本天端高は、現地 RTK (Real Time Kinematic) 測量より測定したものであり、堤防決壊部は応急復旧がなされた後に計測したため、図より除外している。また、最深河床標高は宮城県河川課より提供頂いた。Fig. 8に示すよう多田川の堤防が渋井川より高いとともに、渋井川が多田川合流地点から決壊地点上流まで河床勾配が非常に緩やかなことがわかる。渋井川は多田川の支川であり、多田川の水位上昇に伴い渋井川の洪水流が多田川合流部への流入が困難となる背水 (バックウォーター) 効果により多田川の水位が下流側から上昇したものと推測される。堤防決壊後は、渋井川の水位低下に伴い多田川洪水の渋井川への逆流が生じ、浸水拡大に寄与したものと

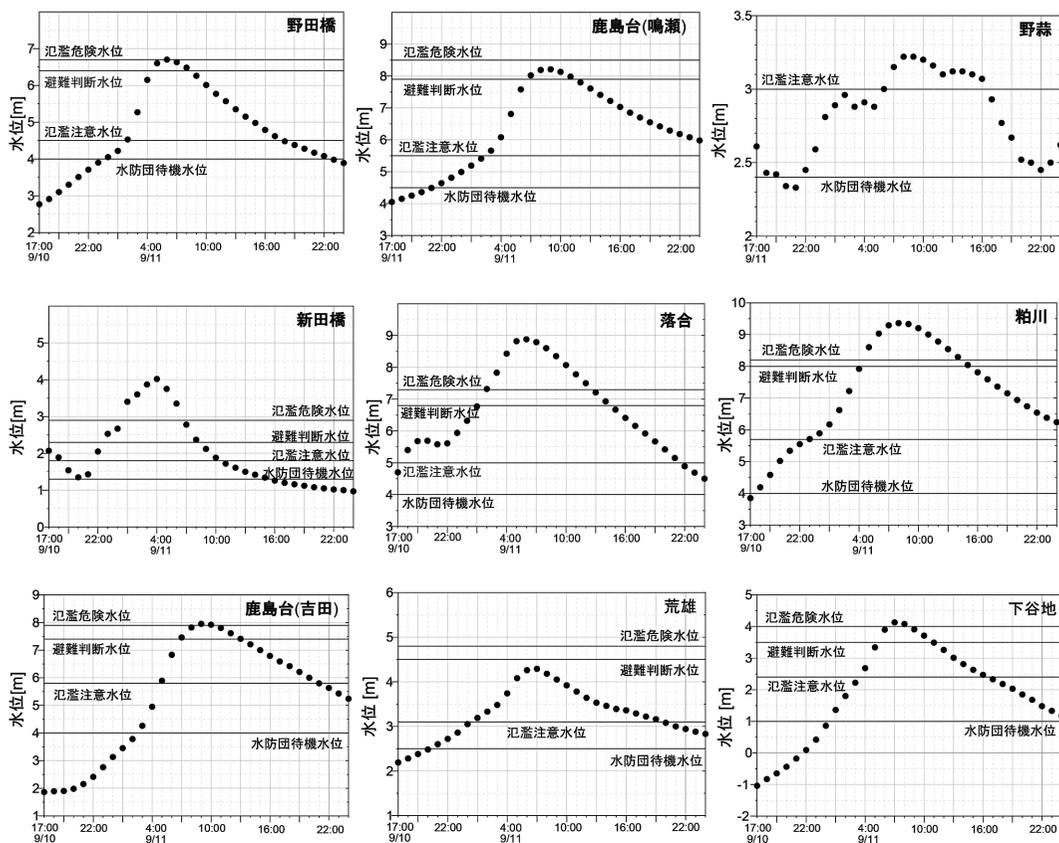


Fig. 6 鳴瀬川本川(野田橋, 鹿島台(鳴瀬), 野蒜地点), 鳴瀬川水系吉田川(新田橋, 落合, 粕川, 鹿島台(吉田)地点), 江合川(荒雄, 下谷地地点)における1時間水位の時系列

推測される。この多田川からの逆流により堤防決壊後も渋井川の水位は高い状態を維持し、第2, 第3の決壊が生じたものと推測される。住民からも多田川から渋井川への逆流が報告されるとともに、洪水減速時に河川表面流れの逆流が確認されている<sup>10)</sup>。また、Fig. 9に示すよう河川高水敷の植生が決壊地点CからBにかけて上流側に倒伏しているのが確認され、逆流は決壊地点Bまで生じていた可能性が高い。以下、各地点の決壊状況の詳細を報告する。

### 5.1 決壊地点Aの状況

決壊地点Aは多田川との合流部より約1.4 km上流に位置する。Fig. 10に決壊前(①)と決壊後(②)の空撮画像および決壊状況を示す。決壊後

の空撮画像は国土地理院<sup>17)</sup>より入手した。決壊幅は約17 mである(③)。水路は直線であり、堤防天端は舗装されている(③)。調査より洪水流の堤防越流痕跡は確認されなかった。決壊地点AはFig. 8に示すよう局所的に堤防が低くなっている。しかしながら、下流堤防高と比較すると差異は小さく局所低下部から越流した可能性は低い。渋井川沿いに農業用水路が存在する(①, ②)。決壊地点3 m程度上流に、農業用水路と渋井川を結ぶ樋管(④)の存在がGoogle Earth画像(①)および現地調査より確認されたが、決壊は樋管存在部の下流で発生しており、樋管が決壊に影響した可能性はないと思われる。



Fig. 7 渋井川, 多田川および決壊箇所的位置

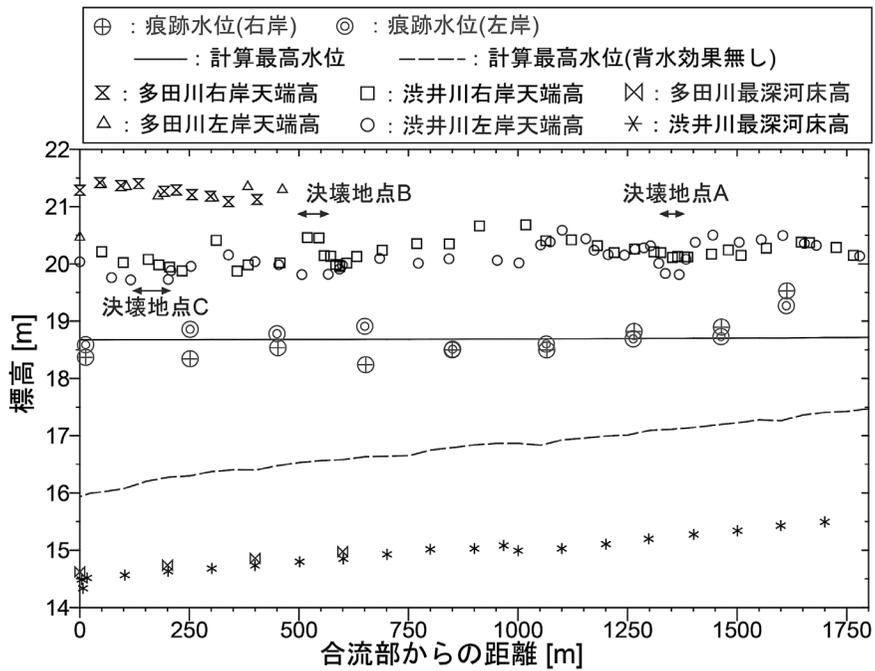


Fig. 8 渋井川, 多田川合流部上流の堤防天端高および最深河床高

### 5.2 決壊地点 B の状況

渋井川の決壊地点 B は多田川との合流部より約0.6 km 上流に位置する。Fig. 11に地点 B 周辺の決壊前 (⑤) と決壊後 (⑥) の空撮画像および決壊状況を示す。決壊幅は約15 m である (⑦)。調査より洪水流の堤防越流痕跡は確認されなかった。堤防天端に舗装はされていない (⑧)。水路はゆるやかに決壊部に向かって湾曲しており (⑤, ⑧), 地点 B への流れの集中や2次流による侵食等が生じた可能性は排除できない。しかしながら,



Fig. 9 植生の逆流方向への倒伏

背水効果に伴い水位が上昇し流速が抑制される状況では洪水流速も小さい事が推測され, 侵食破壊が B 地点で生じた可能性は低いと考える。

決壊部堤内側の状況を Fig. 12に示す。決壊部裏のり面には多くの崩落・すべり箇所 (⑨, ⑩) が存在し浸透流が発生した痕跡が確認される。⑪は決壊地点の堤内側である。氾濫流による用水路金網フェンスの変形や植生の倒伏, 落堀の形成が堤内側で確認される。稲は中央からやや下流側に広がるように倒伏している。フェンスの倒伏は洪水氾濫流の流体力による基礎部の破壊ではなく, 支持杭周辺土壌の洗掘に伴うものである。このような堤内地の状況から, 決壊時に堤内側に大きな浸水 (湛水) は生じていなかったものと推測される。

### 5.3 決壊地点 C の状況

決壊地点 C は多田川との合流部より約0.2 km 上流に位置する。Fig. 13に地点 C 周辺の決壊前 (⑫) と決壊後 (⑬) の空撮画像および決壊状況を示す。決壊幅は約40 m であり (⑭), 川幅と同程

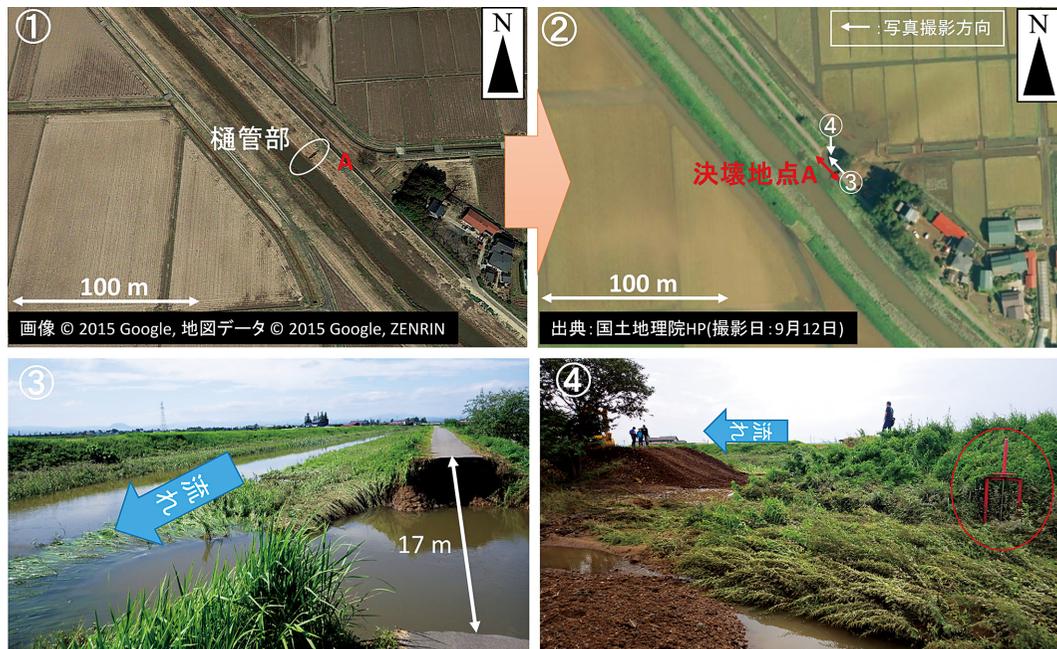


Fig. 10 決壊地点 C の状況 (Google Earth および国土地理院画像<sup>15)</sup> に加筆)

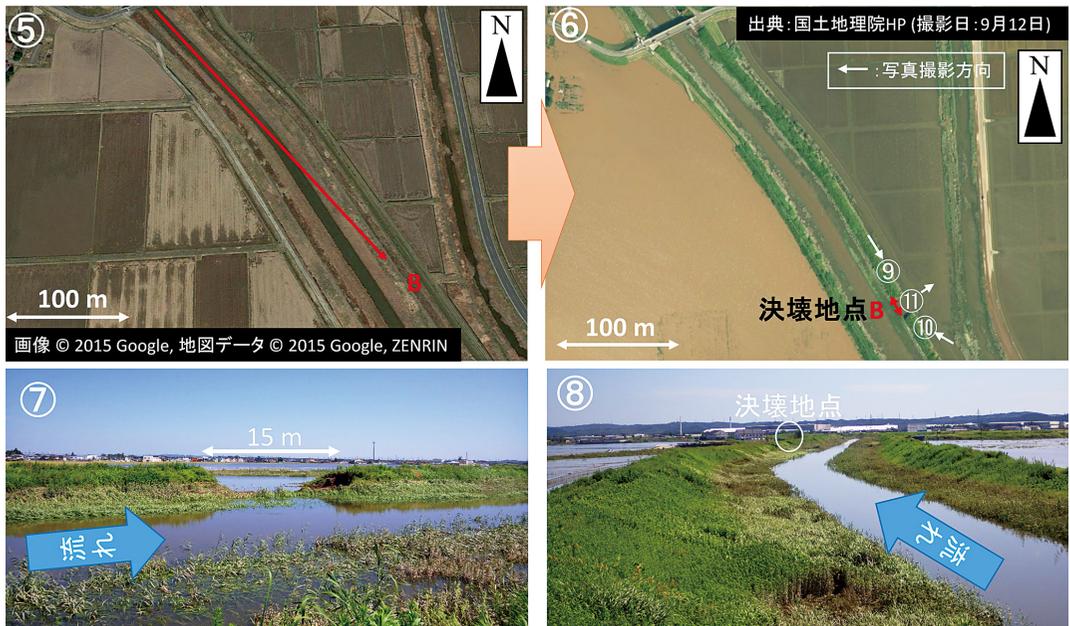


Fig. 11 決壊地点 B の状況 (Google Earth および国土地理院画像<sup>17)</sup>に加筆)

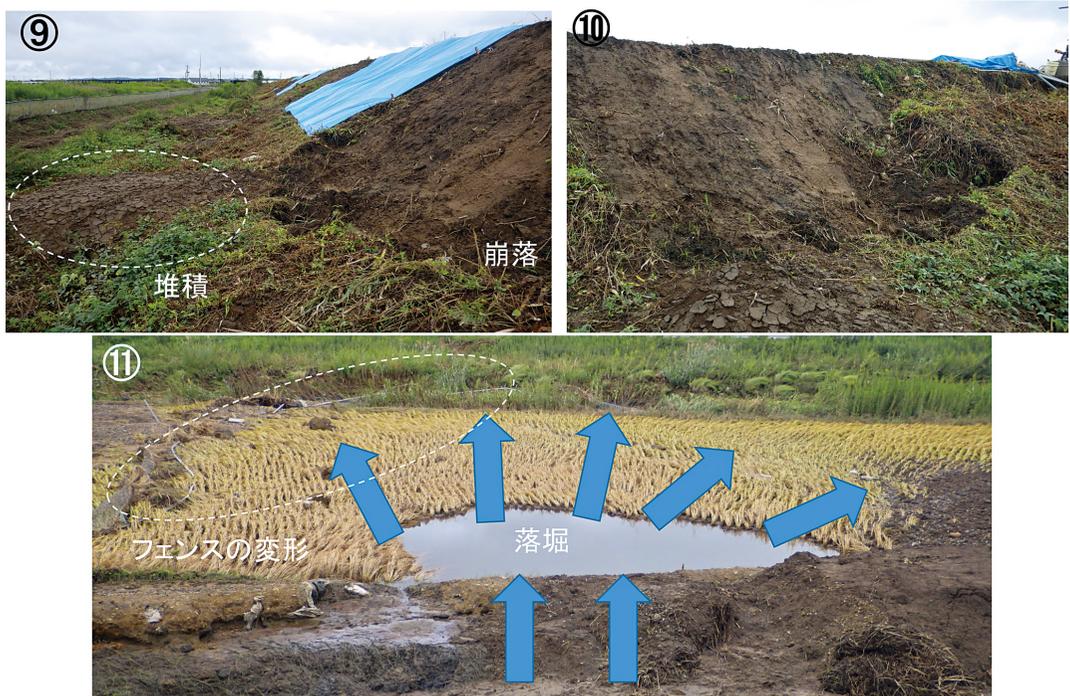


Fig. 12 決壊地点 B 堤内側の状況

度である。水路は直線(12, 13)であり、調査より越流は確認されなかった。決壊地点C付近の堤防天端も舗装はされていない(14)。

決壊部周辺堤内側の状況を Fig. 14 に示す。決壊地点Bと同様に、決壊部裏のり面には多くの崩落・すべり箇所が存在し(15, 16) 浸透流が発生した痕跡が確認される。17は決壊地点の堤内側である。氾濫流による植生の倒伏が堤内側で確認される。地点Cでも稲は中央からやや下流側に広がるように倒伏している。このような堤内地の状況から決壊時は、堤内側は大きな浸水(湛水)は生じていなかったものと推測される。

5.4 決壊メカニズムに関して

上記の決壊状況や直線水路、越流が確認されていない点等から、堤防決壊は浸透破壊に伴い生じた可能性が極めて高い。実際にB点、C点付近の堤防裏のり面に多くの崩落・すべり箇所等が存在し、浸透流が生じていた痕跡が確認された。つまり背水効果に伴い水位が上昇した状況が継続

し、多数の箇所ですべりや崩落が生じた可能性が極めて高い。また、今回の洪水で堤防決壊は左岸のみで発生したが、渋井川の右岸でも多くの漏水や浸透が生じていた。Fig. 15に示すように右岸裏のり面でも広範囲にわたり崩落・すべりが発生していた。状況によっては、左岸のみならず右岸も決壊に至っていた可能性がある。

5.5 浸水状況

上記堤防決壊に伴い、渋井川左岸側の大崎市西新井地区では浸水被害が生じた。浸水の状況を Fig. 16 (国土交通省東北地方整備局資料<sup>18)</sup>より)に示す。渋井川左岸側の広範囲が浸水していることがわかる。渋井川右岸側の浸水は右岸からの漏水によるものと考えられる。また、Fig. 16左上の浸水は名蓋川の堤防決壊によるものである。Fig. 17に、渋井川周辺の標高断面彩図(国土地理院<sup>19)</sup>より)を示すが、標高の低い箇所を中心に浸水域が広がっていることがわかる。

Fig. 18に、大崎市の浸水想定区域(おおさき防

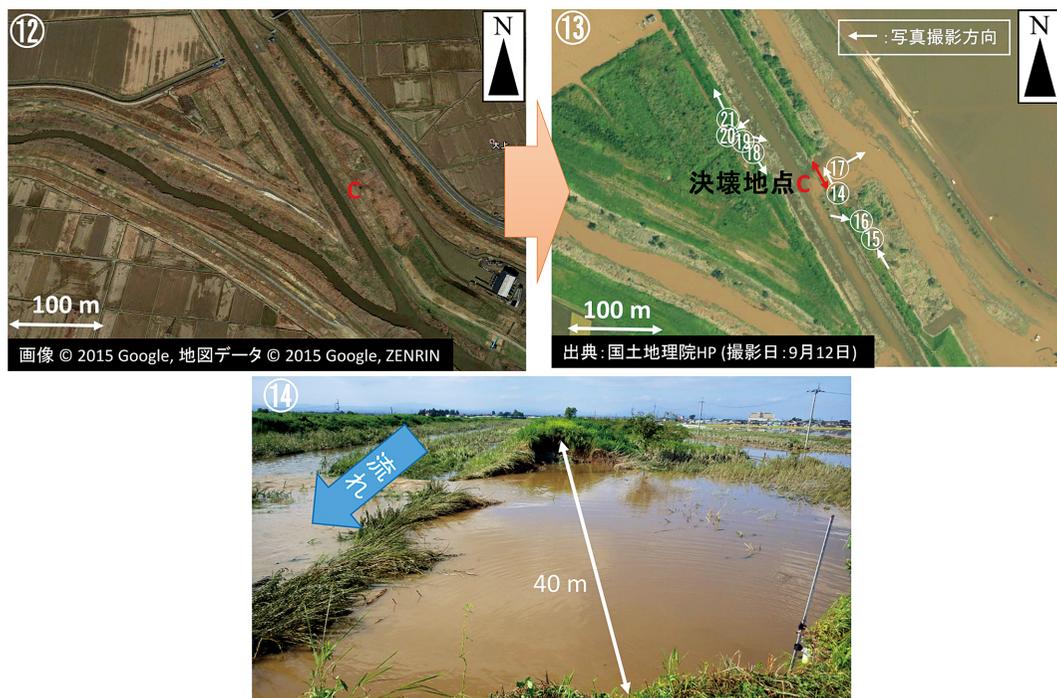


Fig. 13 決壊地点Aの状況 (Google Earth および国土地理院画像<sup>17)</sup>に加筆)

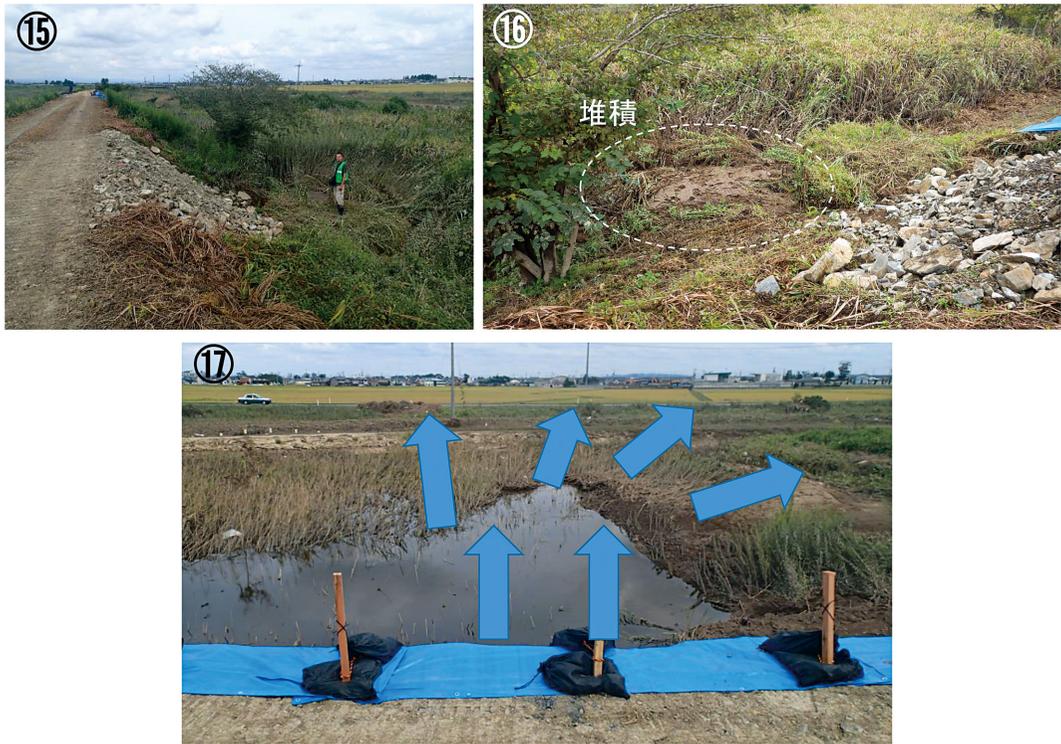


Fig. 14 決壊地点 A 堤内側の状況



Fig. 15 渋井川右岸側の状況

災マップ<sup>20)</sup>より)を示す。今回洪水氾濫が生じた箇所は、0.5~5.0 mの浸水が想定されていることがわり、想定浸水深と標高段彩図に示される標高に関係が見られる。Fig. 19に、本調査で測定した浸水深の分布を示す。1.0 m以上の浸水箇所が多数存在することがわかる。想定浸水深が高く標高の低い位置で、実際に高い浸水深が計測されている。Fig. 19より、洪水氾濫流は国道4号線を乗り越え流下しているが、国道4号線を境に浸水深の

低下が若干見られる。

### 5.6 渋井川に存在する洪水記念碑

渋井川には多田川合流部から1.2 km程度上流左岸に Fig. 20に示す渋井川水害予防組合記念碑が存在している。本記念碑は1909年に渋井川に設立された「水害予防組合」が1938年に解散する際



Fig. 16 渋井川周辺の浸水状況 (国土交通省資料<sup>18)</sup>)

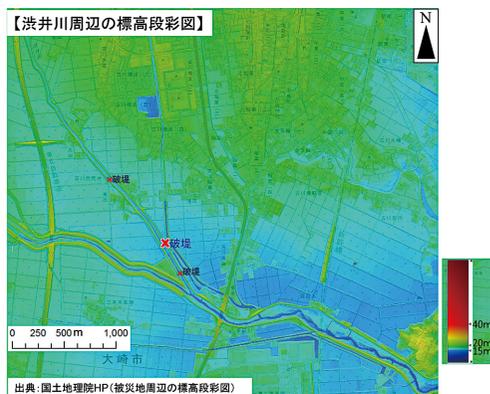


Fig. 17 渋井川周辺の標高段彩図 (国土地理院HP<sup>19)</sup>)



Fig. 18 浸水想定区域 (おおさき防災マップ<sup>20)</sup>)

に建立されたものである。1938年3月に建立され、現在記載された文字の判読は経年劣化に伴い困難であるが、文献<sup>21)</sup>によると「・・・鳴瀬多田川両川の増水は直ちに本川に逆流し、瞬間にして米袋地内国道以西は一面泥海と化すのみならず・・・」との記述が存在する。このような記念碑の存在か

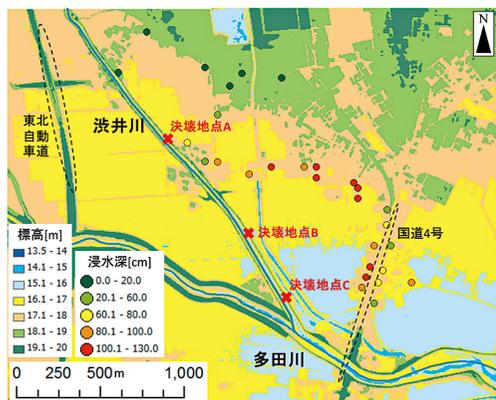


Fig. 19 調査より得られた浸水深の空間分布



Fig. 20 渋井川に存在する洪水記念碑 (2015年11月16日撮影)

らも昔から渋井川と多田川合流部の水害リスクが高いことが理解できる。また、本洪水で確認された鳴瀬・多田川からの逆流が記載されている。洪水記念碑の文字が経年劣化に伴い判読できない現在の状況は、洪水リスクの高さを周知する目的で作られた記念碑の意義を低下させるものであり、早急な改修が望まれる。

## 6. 降雨流出モデルを用いた洪水の再現計算

上記したように渋井川の堤防決壊は、多田川との合流部の背水効果により渋井川の水位上昇が継続したためと考えられる。よって本章では、渋井川および周辺流域に降雨流出モデルを適用することで洪水の再現計算を行う。これにより、多田川合流部での背水効果が渋井川の水位上昇に与えた影響を評価する。

### 6.1 降雨流出モデルの概要

降雨流出モデルは、呉ら<sup>22)</sup>の土壤・地形特性に基づく降雨流出計算手法を用いる。本手法は流域をサブ流域に分割し、各サブ流域で降雨流出計算を実行するサブ分布型の流出計算手法である。サブ流域では、斜面流下方向流れを Kinematic Wave 法から集中化して計算を行う。モデルパラメータは、表層土層厚や飽和透水係数などの土壤・地形特性から決定される。河道部における洪水波の追跡には1次元不定流計算を行う。本研究では、対象流域の流域面積が小さいため流域のサブ流域への分割は行わず、流域全体を一つのサブ流域とし、流域一様の降雨および流出パラメータを用いている。本計算手法の詳細は呉ら<sup>22)</sup>に詳しいのでそちらを参照されたい。

1次元不定流計算の上流端境界条件として多田川下狼塚地点の水位を、下流端境界条件として鳴瀬川三本木および下中ノ目地点の水位を与えている (Fig. 21)。渋川、渋井川、名蓋川上流端には  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$  の流量を基底流量として与えている。河道部の洪水計算で必要となる河川横断面形状は、鳴瀬川 (26.0 km ~ 35.7 km)、多田川 (0.0 km ~ 3.5 km) において国土交通省東北地方整備局に、



Fig. 21 計算対象流域と上・下流端境界条件の位置

多田川 (3.5 km ~ 8.1 km), 渋井川 (0.0 km ~ 2.2 km) において宮城県河川課にそれぞれ提供頂いた。名蓋川, 渋川の計算では矩形断面を仮定し計算を行っている。また新江合川の影響は鳴瀬川の水位に反映されるものと仮定し, 本計算では新江合川は考慮していない。入力降雨は気象庁の再解析雨量を用いた。

### 6.2 降雨流出モデルの適用結果

渋井川の水位計は西新井地区 (多田川合流部より約1.2 km 上流) に設置されているが, 2015年9月の出水時は水位計測が行われていなかった。よって, モデル検証用として2011年9月の出水イベントを選定しモデルパラメータのキャリブレーションを行った。キャリブレーションより河道のマニングの粗度係数は河川一様に0.035, 流出パラメータは赤羽ら<sup>23)</sup>に基づき表層土層厚20 cm, 飽和透水係数0.0035 cm/s, 有効空隙率0.4で決定された。2011年9月の出水イベントに対して降雨流出計算を行った結果を Fig. 22 に示す。渋井川西新井地点における実測水位と計算水位の比較より, 適用した降雨流出モデルは対象イベントの立ち上がりからピーク水位を良好に再現出来ていることがわかる。しかしながら洪水低減部に差異が生じている。

次に, キャリブレーションされたモデル (流出パラメータは上記値を使用) を2015年9月の出水に適用した結果を Fig. 8 および Fig. 23 に示す。

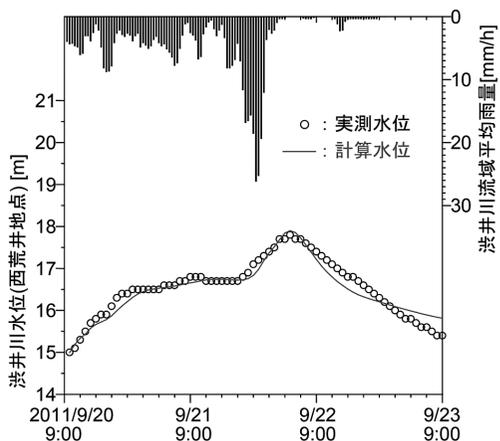


Fig. 22 渋井川西新井地点における実測水位と計算水位の比較 (2011年9月出水)

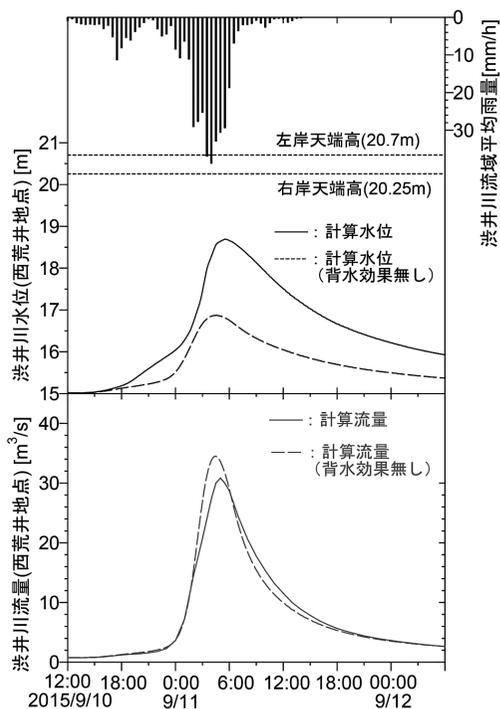


Fig. 23 降雨流出計算より再現した2015年9月出水時の渋井川西新井地点における計算水位・流量

Fig. 8に示すよう計算最高水位は洪水後の調査より得られた痕跡水位と良好な一致を見せている。痕跡水位は宮城県河川課より提供頂いた。また計算最高水位および痕跡水位は堤防天端高より1 m程度低いことがわかる。Fig. 23の計算結果より、西荒井観測地点におけるピーク流量は30 m<sup>3</sup>/s程度であり、ピーク水位時刻は11日5:30に計算されている。

### 6.3 多田川からの背水効果の影響

渋井川と多田川合流部の背水効果を評価するための基礎的な数値実験を行う。上記した再現計算の他に、多田川および鳴瀬川の水位が平水時の状況と変わらず水位が上昇しない条件で計算を行う。つまり、渋井川のみには洪水が生じる状況を仮想的に生成し、この際の水位を比較することで多田川合流部での背水効果の評価を行う。本計算では、多田川上流端および鳴瀬川上・下流端境界条件水位を平常時水位一定として計算を行っている。実際の洪水との水位・流量時系列の比較を Fig. 23に、水位縦断面図の比較を Fig. 8に示す。図より多田川水位の上昇が生じていない場合は、再現計算と比較して水位が低いことが明らかである。以上、渋井川の水位上昇は多田川、しいては鳴瀬川の洪水流に強く影響されていたことがわかる。

## 7. まとめ

本報告は、2015年9月10日から11日にかけて鳴瀬川水系渋井川に洪水氾濫被害をもたらした豪雨の特性や、現地調査より明らかになった被害の特徴を示した。以下、明らかとなった点を列挙する。

- 1) 2015年台風17号、18号に伴う豪雨により鳴瀬川本川での被害は小さいが、鳴瀬川水系多田川支川の渋井川で3箇所堤防決壊による大きな洪水氾濫被害が生じた。
- 2) 本出水の降雨の特徴は短時間(3時間から4時間程度)に線状降水帯形成に伴う強降雨が発生したことである。このような降雨は中小河川水位の急激な上昇を伴うため、避難勧告等を発令するのが難しい。今後このような降雨を想定した避難勧告等の発令準備と対策を

各市町村はしっかりと行う必要がある。

- 3) 堤防決壊の要因は、渋井川と多田川の合流部の背水効果により、渋井川の水位上昇が継続し堤防の漏水・浸透を伴い堤防決壊したものと考えられる。堤防決壊後は、多田川からの洪水流も渋井川に逆流し、浸水拡大に寄与したものと推測される。渋井川左岸3地点の堤防決壊要因は、現地の状況より浸透破壊が生じた可能性が極めて高い。今後、降雨流出計算のみならず洪水氾濫計算や浸透流解析等を通じて上記メカニズムを更に定量的に評価していく予定である。
- 4) 洪水氾濫が生じた箇所は洪水ハザードマップで浸水が想定されていた箇所である。河川合流部であり合流部河床勾配の小さく洪水リスクが従来から高い箇所であると考えられる。約80年前の洪水記念碑が存在し、周辺河川の洪水への脆弱性と逆流の危険性が既に記述されている。
- 5) 降雨流出モデルを適用し本洪水の再現計算を行うことで、西荒井観測地点におけるピーク流量は30 m<sup>3</sup>/s程度であること、計算最高水位・痕跡水位ともに堤防天端高より1 m程度低いことを明らかにするとともに、渋井川水位の上昇は多田川からの背水効果の影響を強く受けていた事を示した。

このように、本洪水は洪水リスクの高い箇所に線状降水帯に伴う強降雨があり生じたものである。このような洪水リスクの高い中小河川の洪水脆弱箇所は日本に無数に存在するため、今後の中小河川の洪水対策を如何に考え行うかは非常に重要な課題である。

## 謝辞

本研究の一部は、公益財団法人河川財団の河川整備基金の助成を受け実施された。本豪雨災害調査時に、大崎市、宮城県、国土交通省東北地方整備局、土木学会水工学委員会水害対策小委員会、土木学会東北支部および建設工学研究振興会には調査へのご協力を頂くとともに、大変多くの貴重な情報を頂いた。東北大学災害科学国際研究所災

害ポテンシャル研究分野真野明名誉教授、佐藤幸氏、杉井伸之氏には、堤防決壊メカニズムに関して多くの助言を頂くとともに、数値計算補助やデータ整理等でご尽力頂いた。末尾ながらここに記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) 梅松理美・呉 修一・真野 明・有働恵子：2013年7月山形集中豪雨被害特徴～月布川流域を一例として～，東北地域災害科学研究，Vol.50，pp.75-80，2014.
- 2) 大槻順朗・二瓶泰雄・赤松良久：2013年7月山口・島根豪雨による須佐川における被災状況調査と解析，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，pp.I\_1447-I\_1452，2014.
- 3) 呉 修一・森口周二・久利美和・安倍 祥・Carine Yi・有働恵子・真野 明：2013年8月秋田・岩手豪雨災害の特徴，東北地域災害科学研究，Vol.50，pp.81-86，2014.
- 4) 竹林洋史：2013年9月京都・滋賀水害調査報告，自然災害科学，Vol.33，No.1，pp.5-16，2014.
- 5) 二瓶泰雄・永野博之・大槻順朗・焼田 航・梶純也：平成25年10月伊豆大島土砂災害における家屋被害状況，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.71，No.4，pp.I\_1261-I\_1266，2015.
- 6) 呉 修一・森口周二：平成26年7月山形豪雨・土砂災害緊急調査報告（速報），2014.  
[http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/topics/yamagata-flood\\_201407\\_v3.pdf](http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/topics/yamagata-flood_201407_v3.pdf) (2016年4月17日アクセス)
- 7) 牛山素行・横幕早季：2014年8月広島豪雨による犠牲者の特徴，自然災害科学，Vol.34，特別号，pp.47-59，2015.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所：平成27年9月10日に茨城県常総市で発生した鬼怒川氾濫による建築物の被害調査報告，2015.  
<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/2015/151026.pdf> (2016年4月17日アクセス)
- 9) 宮城県：平成27年9月関東・東北豪雨による被害状況等（第13報），平成27年10月9日12：00現在.
- 10) 森口周二・金 鍾官・呉 修一・Bricker D. Jeremy・山田知寛・堀合孝博：平成27年9月関東・東北豪雨による東北地方の被害について（速報），基礎工，Vol.43，No.12，pp.94-97，2015.
- 11) 内閣府：平成27年9月関東・東北豪雨による被害状況等について（平成27年9月24日10：00現在），[http://www.bousai.go.jp/updates/h27typhoon18/pdf/h27typhoon18\\_20.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h27typhoon18/pdf/h27typhoon18_20.pdf) (2016年4月17日アクセス)
- 12) 宮城県：一級河川鳴瀬川水系多田川ブロック河川整備計画<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/42683.pdf> (2016年4月17日アクセス)
- 13) 古川市史編纂委員会：古川市史，自然・民族，第三巻，2003.
- 14) 気象庁気象研究所：平成27年9月関東・東北豪雨の発生要因，<http://www.jma-net.go.jp/sendai/> (2016年4月17日アクセス)
- 15) 気象庁：台風第18号等による大雨（平成27（2015）年9月7日～9月11日（速報））  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2015/20150907/20150907.html> (2016年4月17日アクセス)
- 16) 大崎市：渋井川決壊に伴う救助者数，平成27年9月関東・東北豪雨情報  
<http://www.city.osaki.miyagi.jp/index.cfm/38,11484,179,html> (2016年4月17日アクセス)
- 17) 国土地理院，平成27年9月関東・東北豪雨の情報，（渋井川）9月12日に撮影した空中写真の概要 <http://www.gsi.go.jp/common/000107326.pdf>
- 18) 国土交通省東北地方整備局河川部：鳴瀬川流域で観測史上最大の降雨を記録し，渋井川をはじめ，各所で浸水被害が発生～平成27年9月11日出水の概要～
- 19) 国土地理院，平成27年9月関東・東北豪雨の情報，被災地周辺の標高段彩図  
[http://saigai.gsi.go.jp/1/H27\\_0910ame/pdf/凡例\\_大崎\\_1万\\_ZL16\\_A2.pdf](http://saigai.gsi.go.jp/1/H27_0910ame/pdf/凡例_大崎_1万_ZL16_A2.pdf)
- 20) 大崎市，おおさきわが街ガイド，<http://www2.wagamachi-guide.com/osaki/index.asp>
- 21) 古川市史編纂委員会：古川市史，渋井川水害予防組合記念碑，第三巻，pp.68-70，2003.
- 22) 呉 修一・山田 正・吉川秀夫：表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究，土木学会水工学論文集，Vol.49，pp.169-174，2005.
- 23) 赤羽祐也・呉 修一・山田 正：都市流域における現地流量観測と都市化が洪水流出特性に

与える影響, 土木学会水工学論文集, Vol.52,  
pp.481-486, 2008.

(投稿受理:平成28年2月4日  
訂正稿受理:平成28年5月31日)

## 要 旨

2015年9月, 台風17, 18号の豪雨に伴い宮城県でも洪水や土砂災害などの被害が生じた。特に大崎市を流れる鳴瀬川水系多田川支川の洪井川で甚大な洪水氾濫被害が生じた。本報告は, 洪井川で生じた豪雨と洪水氾濫の特徴を現地調査結果等より記述したものである。また, 降雨流出モデルを洪井川流域に適用することで, 本洪水の再現と洪水メカニズムの評価を行う。

現地調査結果より洪井川の堤防決壊は浸透破壊に伴い生じたことが明らかとなった。更に降雨流出モデルの適用結果より, 洪井川水位の上昇は多田川および鳴瀬川からの背水効果の影響を強く受けていた事が明らかとなった。